

Docket No.: 60188-570

**PATENT**

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

In re Application of	:	Customer Number: 20277
Katsuki NAGAHASHI, et al.	:	Confirmation Number: not yet assigned
Serial No.: not yet assigned	:	Group Art Unit: not yet assigned
Filed: August 04, 2003	:	Examiner: not yet assigned
For:	:	ACCELERATED TEST METHOD FOR FERROELECTRIC MEMORY DEVICE

**CLAIM OF PRIORITY AND  
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Mail Stop New Patent Application  
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicant(s) hereby claims(s) the priority of:

**Japanese Patent Application 2002-248240, Filed August 28, 2002**

cited in the Declaration of the present application. Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY

Michael E. Fogarty  
Registration No. 36,139

600 13<sup>th</sup> Street, N.W.  
Washington, DC 20005-3096  
(202) 756-8000 MEF:jgh  
Facsimile: (202) 756-8087  
**Date: August 4, 2003**

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-248240

[ST.10/C]:

[JP2002-248240]

出 願 人

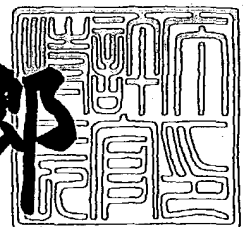
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 3月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3020317

【書類名】 特許願

【整理番号】 2926440083

【提出日】 平成14年 8月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01N 27/60

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 永橋 克己

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 野間 淳史

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100097445

【弁理士】

【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100103355

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

特 2 0 0 2 - 2 4 8 2 4 0

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 強誘電体メモリ装置の加速試験方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強誘電体メモリ装置の実使用条件（温度  $T_1$ 、電圧  $V_1$ ）におけるエンデュランス特性を加速条件（温度  $T_2$ 、電圧  $V_2$ ）の下で評価する加速試験において、前記加速試験に必要な加速係数（ $K$ ）を数式

$$\log K = A (1/V_1 - 1/V_2) + B (1/V_1 T_1 - 1/V_2 T_2)$$

（ $A$ 、 $B$  は定数）を用いて導出することを特徴とする強誘電体メモリ装置の加速試験方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の強誘電体メモリ装置の加速試験方法において、前記定数  $A$ 、 $B$  は、前記強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、前記容量素子の分極反転に伴う残留分極値の経時変化の分極反転電圧依存性を異なる温度の下で測定することによって決定されることを特徴とする強誘電体メモリ装置の加速試験方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の強誘電体メモリ装置の加速試験方法において

前記定数  $A$ 、 $B$  は、

前記強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、前記容量素子の分極反転に伴う残留分極値の経時変化の分極反転電圧依存性を第 1 の温度の下で測定する第 1 の工程と、

前記分極反転電圧依存性を測定した各電圧において、残留分極値が初期値に対して予め決められた減少率に達する時の分極反転回数を求める第 2 の工程と、

前記各電圧における前記分極反転回数を数式

$$\log Lc = C + \alpha / V$$

（ $Lc$  は前記分極反転回数、 $V$  は前記分極反転電圧、 $C$ 、 $\alpha$  は定数）にあてはめて、その勾配から  $\alpha$  を求める第 3 の工程と、

前記第 1 の工程から第 3 の工程を、前記第 1 の温度とは異なる少なくとも 1 つ以上の温度の下で行い、各温度での  $\alpha$  を求める第 4 の工程と、

前記各温度で求めた前記  $\alpha$  を数式

$$\alpha = A + B / T \quad (T \text{ は温度})$$

にあてはめて、その勾配と切片から A、B を求める第 5 の工程とによって決定されることを特徴とする強誘電体メモリ装置の加速試験方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性を評価する加速試験において、必要となる加速係数を高精度に計算できる加速計算式を用いて、温度加速と電圧加速を併用する加速試験方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

強誘電体メモリ装置において、エンデュランス特性は強誘電体キャパシタの分極反転に伴う残留分極値が減少する分極反転疲労で決定される。このエンデュランス特性を評価する加速試験は、従来、主として電圧ストレスのみで評価されていた。

【0003】

このようなエンデュランス特性の加速試験方法として、特開平 1 1 - 1 7 4 0 2 6 号に開示されたものがある。この従来の加速試験方法について以下に説明する。

【0004】

強誘電体キャパシタにおいて、分極反転電圧  $V_1$  で分極反転回数  $N$  を徐々に増加させながら残留分極値を測定し、残留分極値の減少率の関数を分極反転回数の関数として直線で回帰して、図 5 に示すような第一の回帰直線を求める。次に、これと同じ操作を、分極反転電圧  $V$  を変更して行い、それにより各分極反転電圧  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  に対応した複数の第一回帰直線を図 5 に示すように求める。これら複数の第一の回帰直線のそれぞれから、初期値に対して予め決められた残留分極値の減少率になるときの各分極反転回数  $N_L$  を求める。そして、各分極反転電圧  $V$  での分極反転回数  $N_L$  から、数式

$$\log N_L = C - \alpha V \quad (C, \alpha \text{ は定数})$$

となる第二の回帰直線を求める。

【0005】

この第二の回帰直線を図6に示す。この第二の回帰直線を使って、実使用条件 ( $V_3$ ) における予測寿命を与える分極反転回数 ( $NL_1$ ) を加速条件 ( $V_4$ ) での予測寿命を与える分極反転回数 ( $NL_2$ ) を求め、この加速条件 ( $V_4$ ,  $NL_2$ ) にて加速試験を行ない、実使用条件と同等な試験を短時間で行なうとしている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

強誘電体メモリ装置におけるエンデュランス特性は、電圧ストレスだけでなく、温度ストレスに対しても依存性がある。したがって、エンデュランス特性を評価する加速試験では、電圧ストレスと温度ストレスを併用して実施することが最も効率的である。しかしながら、従来例では電圧ストレスによる加速のみであり、電圧ストレスと温度ストレスを併用する加速試験に比べて加速が小さく、加速試験方法としては十分とは言えない。

【0007】

本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性を評価する加速試験において、電圧ストレスと温度ストレスを併用する効率的な加速試験方法を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明の強誘電体メモリ装置におけるエンデュランス特性を評価する加速試験方法は、温度ストレスと電圧ストレスを併用した効率的な試験方法を特徴とする。

【0009】

具体的には、本発明の強誘電体メモリ装置の加速試験方法は、強誘電体メモリ装置の実使用条件 (温度  $T_1$ , 電圧  $V_1$ ) におけるエンデュランス特性を加速条件 (温度  $T_2$ , 電圧  $V_2$ ) の下で評価する加速試験において、この加速試験に必要な加速係数 ( $K$ ) を数式

$$\log K = A (1/V_1 - 1/V_2) + B (1/V_1 T_1 - 1/V_2 T_2)$$

(A, Bは定数)を用いて導出する。

#### 【0010】

また、本発明の強誘電体メモリ装置の加速試験方法において、定数A, Bは、強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、容量素子の分極反転に伴う残留分極値の経時変化の分極反転電圧依存性を異なる温度の下で測定することによって決定されることが好ましい。

#### 【0011】

また、本発明の強誘電体メモリ装置の加速試験方法において、定数A, Bは、強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、容量素子の分極反転に伴う残留分極値の経時変化の分極反転電圧依存性を第1の温度の下で測定する第1の工程と、

分極反転電圧依存性を測定した各電圧において、残留分極値が初期値に対して予め決められた減少率に達する時の分極反転回数を求める第2の工程と、

各電圧における前記分極反転回数を数式

$$\log Lc = C + \alpha / V$$

(Lcは分極反転回数、Vは分極反転電圧、C,  $\alpha$ は定数)にあてはめて、その勾配から $\alpha$ を求める第3の工程と、

第1の工程から第3の工程を、第1の温度とは異なる少なくとも1つ以上の温度の下で行い、各温度での $\alpha$ を求める第4の工程と、

各温度で求めた $\alpha$ を数式

$$\alpha = A + B / T \quad (Tは温度)$$

にあてはめて、その勾配と切片からA, Bを求める第5の工程とによって決定されることが好ましい。

#### 【0012】

上記のような構成とすることで、強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、定数A, Bを決定しておけば、本発明の加速係数計算式を用いて、強誘電体メモリの任意の加速評価が可能となり、エンデュランス特性寿命を短時間で評価することができる。



【 0 0 1 3 】

## 【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施形態を説明する。強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性の加速試験においては、実使用条件と加速条件との間の加速係数を予め決定しておくことが必要である。本発明の加速試験方法では電圧ストレスと温度ストレスとを併用するので、加速係数を決定するためにはエンデュランス特性の電圧依存性と温度依存性を記述できるモデルが必要である。

【 0 0 1 4 】

ここで、強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性は、強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量の分極反転に伴い、残留分極値が減少する分極反転疲労と呼ばれる現象によって決定される。したがって、強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性の電圧および温度依存性に関するモデルは、これを構成する強誘電体容量の分極反転疲労の電圧および温度依存性を測定することによって決定することができる。

【 0 0 1 5 】

この考え方に基づいて、本発明者は以下のようにしてモデルの決定を行った。

【 0 0 1 6 】

まず、強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、この容量素子の分極反転に伴う残留分極値の経時変化の分極反転電圧依存性を温度  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  ( $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ ) の下でそれぞれ測定する。ここで、測定した残留分極値が初期値に対して予め決められた減少率に達する時の分極反転回数  $L_c$  の対数を分極反転電圧の逆数  $1/V$  でプロットしたところ、図 1 に示すように、分極反転回数  $L_c$  の対数と分極反転電圧の逆数  $1/V$  が直線関係であることを本発明者は見出した。さらに、図 1 では、電圧依存性の直線の傾きが温度によって異なっており、電圧依存性が温度によって変化するということも本発明者は見出した。この分極反転回数  $L_c$  の対数と分極反転電圧の逆数  $1/V$  の関係は数式

$$\log L_c = C + \alpha / V \quad (C, \alpha \text{ は定数}) \cdots \cdots (1)$$

で表わされる。この分極反転電圧依存性を表わす直線の勾配から、各温度  $T_1$ ,

$T_2, T_3, T_4$  に対応する  $\alpha$  を求めると、 $\alpha$  は、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  となる ( $\alpha_1 > \alpha_2 > \alpha_3 > \alpha_4$ )。

【0017】

以上の結果から、電圧依存性の挙動を記述できるモデルは、分極反転回数  $L_c$  の対数と分極反転電圧の逆数  $1/V$  が直線関係の挙動を示すモデルに決定できる (以下、このモデルを逆数モデルと称す。 )。

【0018】

次に、上記の挙動に基づいて、本発明の加速係数計算式を導く。式 (1) の  $\alpha$  が温度によって変化することから、 $\alpha$  と温度の関係式が必要となる。これについては次のような事実から  $\alpha$  と温度の関係式を求める。

【0019】

強誘電体キャパシタでは、絶縁破壊寿命の対数もまた電圧の逆数と直線関係にある。また、エンデュランス特性は強誘電体キャパシタのリーク電流値と相関し、リーク電流値が少ないほどエンデュランス特性が良い。これらの2つの現象は、分極反転疲労のメカニズムが絶縁特性と密接に関連することを示唆している。

【0020】

一方、強誘電体膜を含む一般的な絶縁膜の絶縁破壊に関しては、例えばシリコン酸化膜において、電圧依存性が温度によって変化することが知られており、電圧依存性の傾き  $\gamma$  と温度  $T$  との関係が

$$\gamma = A + B/T \quad (A, B \text{ は定数}) \quad \dots \dots (2)$$

で表わされることが報告されている。

【0021】

したがって、強誘電体キャパシタの絶縁破壊に対しても、すでに説明した、分極反転疲労のメカニズムが絶縁特性と密接に関連することと、強誘電体膜を含む一般的な絶縁膜の絶縁破壊に関して電圧依存性が温度によって変化することをもとに、シリコン酸化膜における式 (2) の関係が適用できるものと仮定すると、この絶縁特性と密接に関連するエンデュランス特性の電圧依存性についても式 (2) と同様な関係式

$$\alpha = A + B/T \quad (A, B \text{ は定数}) \quad \dots \dots (3)$$

が成立すると仮定できる。

#### 【0022】

以上から、温度 $T_1$ 、電圧 $V_1$ におけるエンデュランス特性寿命を $L_1$ 、温度 $T_2$ 、電圧 $V_2$ におけるエンデュランス特性寿命を $L_2$  ( $T_1 < T_2$ ,  $V_1 < V_2$ ) とすると、加速係数 $K$ は、式(1)と(3)から

$$\log K = \log (L_1 / L_2) = A (1 / V_1 - 1 / V_2) + B (1 / V_1 T_1 - 1 / V_2 T_2) \quad \dots \dots (4)$$

で求めることができる。

#### 【0023】

ここで、式(4)における定数 $A$ 、 $B$ は、式(3)の関係に基づいて、各温度での $\alpha$ を $1/T$ に対してプロットし、その近似直線式の勾配と切片から求めることができる。

#### 【0024】

このように、強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、定数 $A$ 、 $B$ を決定しておけば、上式の加速係数計算式を用いて、温度ストレスと電圧ストレスを併用した強誘電体メモリの任意の加速評価が可能となり、エンデュランス特性寿命を短時間で評価することができる。

#### 【0025】

次に、以下において、本実施形態における強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性の加速試験方法の一実施例について説明する。

#### 【0026】

まず、本発明の加速試験に必要な加速係数 $K$ を算出できる式(4)の定数 $A$ 、 $B$ を求める方法について説明する。強誘電体メモリ装置の構成要素である強誘電体容量のみで構成された容量素子を用いて、温度 $85^{\circ}\text{C}$ 、 $100^{\circ}\text{C}$ 、 $110^{\circ}\text{C}$ 、 $125^{\circ}\text{C}$ の下で、この容量素子の分極反転に伴う残留分極値 $P_{nv}$ の経時変化の分極反転電圧依存性を評価する。温度は上記温度に限ったものではなく、2条件以上であればよい。

#### 【0027】

図2には、 $125^{\circ}\text{C}$ の下での分極反転に伴う残留分極値 $P_{nv}$ の経時変化の分

極反転電圧依存性を示す。分極反転電圧は3 V～7 Vの範囲を使用しているが、この電圧範囲に限ったものではない。縦軸は残留分極値  $P_{nv}$  を初期値で規格化している。この図により、残留分極値  $P_{nv}$  が初期値に対して10%減少する分極反転回数をエンデュランス特性の寿命  $L_c$  とし、各電圧におけるエンデュランス特性寿命  $L_c$  を求める。

## 【0028】

この実施例では、残留分極値が初期値に対して10%減少する分極反転回数をエンデュランス特性寿命  $L_c$  としているが、設定する減少率は何%であってもよい。図中の実線は残留分極値が初期値に対して10%減少するところを示す。この実線が残留分極値  $P_{nv}$  と交わるところの分極反転回数がエンデュランス特性寿命  $L_c$  となる。このエンデュランス特性寿命  $L_c$  を電圧  $V$  ごとに求める。同様に、他の温度85℃、100℃、110℃についてもエンデュランス特性寿命  $L_c$  を求めて、式(1)の関係に基づいて、図3に示すように、エンデュランス特性寿命  $L_c$  を電圧の逆数  $1/V$  でプロットし、得られる近似直線式の勾配から、温度85℃、100℃、110℃、125℃に対応する  $\alpha$  をそれぞれ求める。この実施例の場合、85℃、100℃、110℃、125℃に対応する  $\alpha$  はそれぞれ、16.4, 15.5, 14.5, 13.2となる。

## 【0029】

次に、式(3)の関係に基づいて、図4に示すように、各温度での  $\alpha$  を温度の逆数  $1/T$  に対してプロットし、得られる近似直線式の勾配と切片から定数  $A$ ,  $B$  を求める。この実施例の場合、定数  $A = -15.464$ ,  $B = 11404$  となり、式(4)の加速係数計算式が完成する。

## 【0030】

この加速係数計算式を用いて、例えば実使用条件3.3 V, 85℃で分極反転回数  $10^{12}$  回を保証すべき評価を加速条件7.5 V, 125℃で実施する際の加速係数  $K$  を計算すると加速係数  $K = 1615$  となる。この加速係数より、実使用条件で保証すべき分極反転回数  $10^{12}$  回に対応する加速条件での分極反転回数を求めると約  $6 \times 10^8$  回となる。したがって、この加速条件(7.5 V, 125℃,  $6 \times 10^8$  回)にて加速試験を行うことにより、実使用条件3.3 V, 85℃

℃,  $10^{12}$  回相当のエンデュランス特性を確認でき、きわめて短時間で試験を実施することができた。

【 0 0 3 1 】

【発明の効果】

以上のように、本発明によれば、強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性を評価する加速試験において、必要となる加速係数を高精度に計算でき、更に温度ストレスと電圧ストレスを併用できるため、きわめて短時間で効率的な加速試験ができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

分極反転回数の対数と分極反転電圧の逆数との関係を説明する図

【図 2】

分極反転に伴う残留分極値の経時変化を示す図

【図 3】

分極反転回数の対数と分極反転電圧の逆数とでプロットした図

【図 4】

電圧依存性の傾きと温度の逆数でプロットした図

【図 5】

従来例で得られる第一の回帰直線を説明する図

【図 6】

従来例で得られる第二の回帰直線を説明する図

【符号の説明】

V 分極反転電圧

T 温度

N, N L, L c 分極反転回数

A, B, C 定数

$\alpha$  定数

K 加速係数

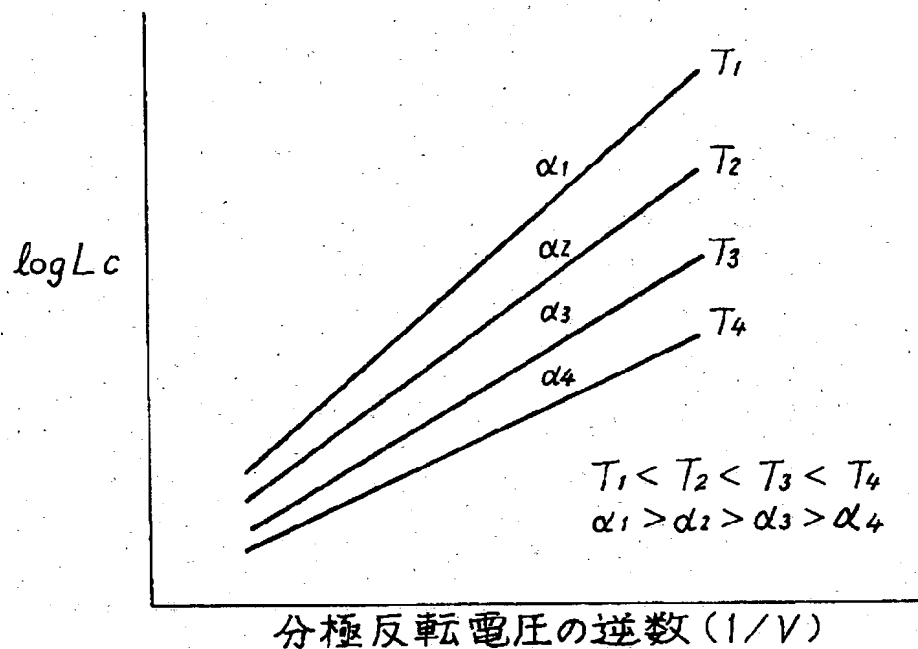
$\gamma$  シリコン酸化膜の絶縁破壊の電圧依存性の傾き

P n v 残留分極値

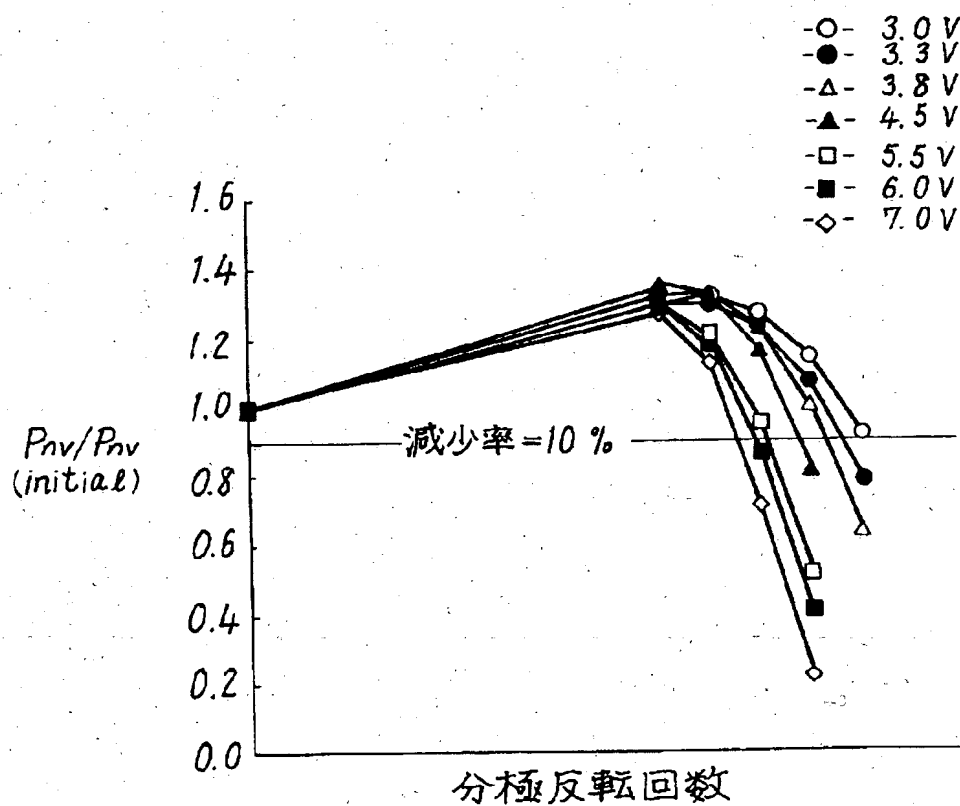
【書類名】

図面

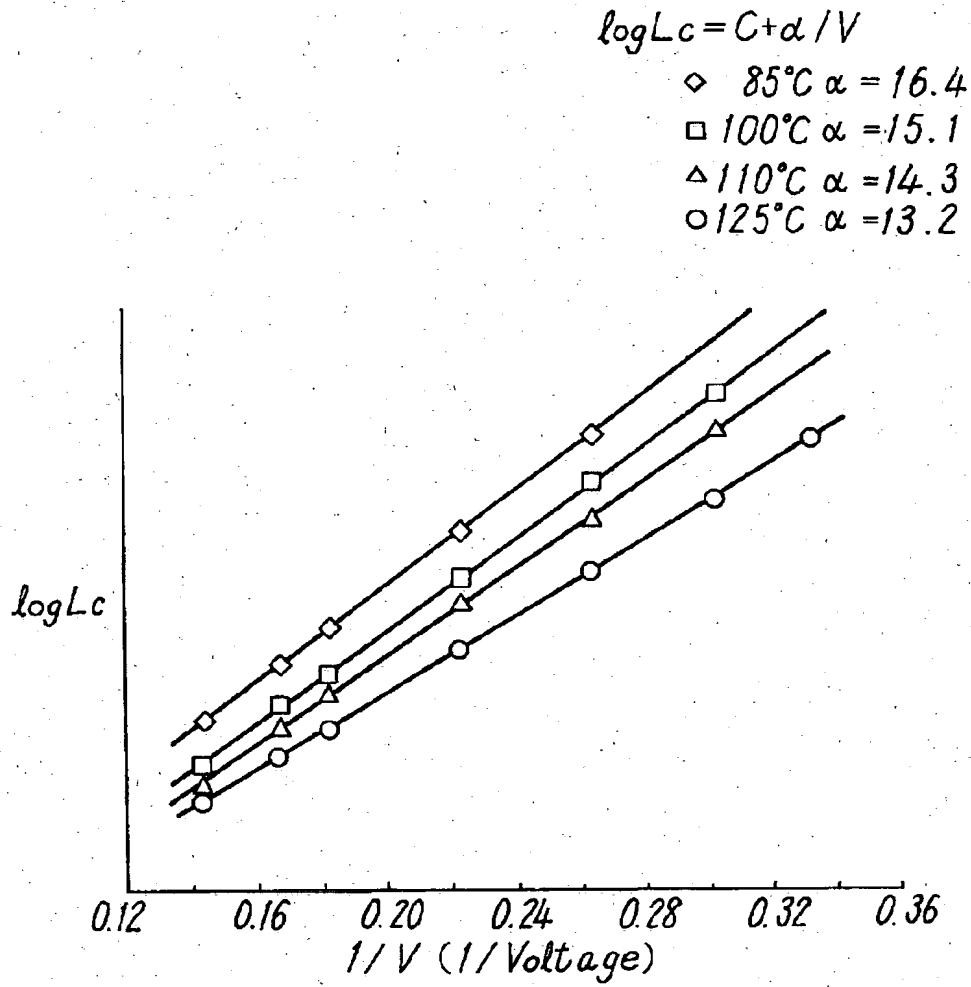
【図 1】



【図 2】

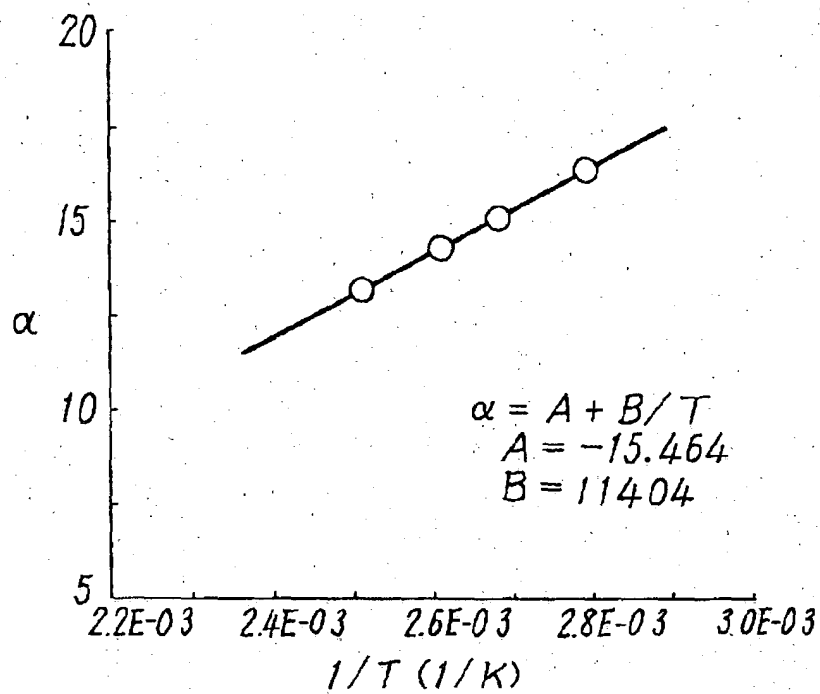


【図3】

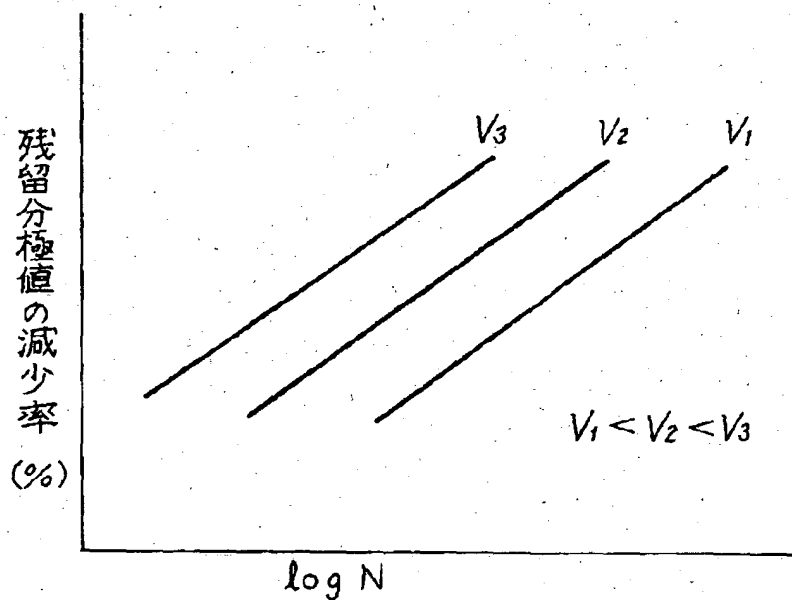




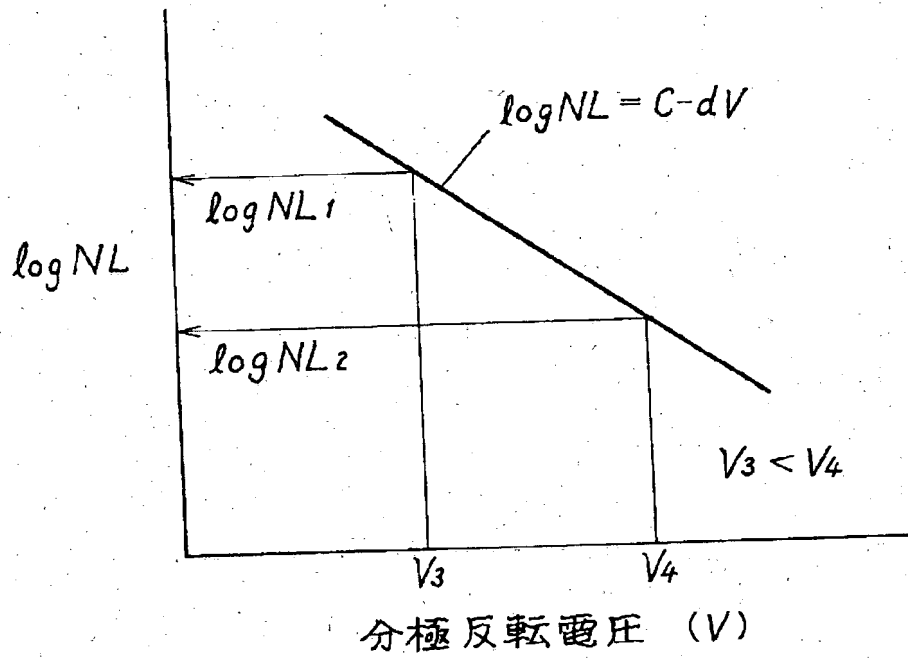
【図4】



【図5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 強誘電体メモリ装置のエンデュランス特性を評価する加速試験において、温度ストレスと電圧ストレスを併用して効率的に行なえる加速試験方法を提供する。

【解決手段】 強誘電体メモリ装置の実使用条件（温度 $T_1$ ，電圧 $V_1$ ）におけるエンデュランス特性を加速条件（温度 $T_2$ ，電圧 $V_2$ ）の下で評価する加速試験において、加速試験に必要な加速係数（ $K$ ）を数式

$$\log K = A (1/V_1 - 1/V_2) + B (1/V_1 T_1 - 1/V_2 T_2)$$

（ $A$ ， $B$ は定数）を用いて導出し、強誘電体メモリ装置の加速試験を行なう。これにより、実際のエンデュランス特性に十分フィッティングし、精度が高く、効率的な加速試験方法を提供できる。

【選択図】 図 3

特 2 0 0 2 - 2 4 8 2 4 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 0 0 5 8 2 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[ 変更理由 ] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社